

칼코게나이드 박막에서 편광 빔 회절 효율의 전계 효과 의존성

The dependence of the electric field effect of diffraction efficiency using polarization beam on chalcogenide thin films

장선주*, 여철호*, 박정일*, 이현용**, 정흥배*
 *광운대학교 공대 전자재료공학과
 **포항공대 Terahertz Photonics 연구단

Sun-Joo Jang*, Cheol-Ho Yeo*, Jeong-Il Park*, Hyun-Yong Lee**, Hong-Bay Chung*
 *Dept. of Electronic Materials Eng., Kwangwoon University
 **Center for Terahertz Photonics, POSTECH

Abstract - The polarization gratings were fabricated in chalcogenide $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}$ thin film applicable to a medium of the polarization holography and their diffraction efficiencies(η) were monitored by real-time measurement. The polarization gratings prepared consisted of the multi-layer thin film system. As a method to improve the η , we have investigated its change for the field effect. As the results, the value of η strongly depended on the voltage applied to the film and the maximum value, η_{max} was enhanced to be about 4 times in comparison with that of not biased sample. In addition, an increase in the η can be estimated to be due to additional creation of new defects caused by the electric field across the film.

1. 서 론

최근 칼코게나이드 박막은 조성비와 기록방식의 변화를 통하여 구조적 특성이 변화되는 독특한 성질을 갖고 있으며 이를 이용한 광학적 기록방법에 관하여 많은 연구의 대상이 되어왔다.^{1),2)}

비정질 칼코게나이드 $As-Ge-Se-S$ 박막은 광학적 이방성(Anisotropy)이 다른 물질(Polymer, 산화 유리질 등)보다 높고 또한 매질이 빛에 노출될 경우 굴절률이 달라지는 광굴절 효과(Photorefraction effect)를 이용하므로 편광 홀로그래피(Polarization Holography)로 응용이 가능하다. 편광 홀로그래피는 편광된 입사빔을 사용하여 빔의 세기 및 편광상태에 대한 상호작용의 기록형식으로 박막 내에서 높은 저장밀도를 갖고 있다. 따라서 편광 홀로그래피는 대용량 저장과 저장 매질의 박막화를 실현할 수 있는 기록방식으로써 앞으로 그 개발 가능성이 클 것으로 전망하고 있다. 그러나 이러한 편광 홀로그래피를 실용화하기 위해서는 그 동안 문제가 되어 왔던 1st Order의 낮은 회절효율(Diffraction Efficiency)을 개선해야 할 필요성이 있다.^{3),4),5),6)}

본 연구에서는 보다 높은 회절효율을 형성시키기 위해 우수한 광유기 이색성(Photoinduced Dichroism) 현상을 나타내는 비정질 $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}$ 박막과 Ag를 포함한 박막을 편광 홀로그래피 물질로 사용하여 편광 홀로그래피 격자를 형성시켰다. 또한 격자 형성시 박막에 인가 전압 변화의 조건을 고려하여 실시간 회절효율의 변화를 통하여 회절효율의 증가 방안을 검토해 보았다.^{8),9)}

2. 실험

먼저 순도 5N의 As, Ge, Se, S를 각각 원자량 비 40 : 10 : 15 : 35를 갖도록 평량한 후 직경 10mm의 석영관에 약 2×10^{-5} Torr로 진공 봉입, 전기로에서 220, 600, 870°C로 순차적으로 가열하여 벌크 시료를 제작하였다. 박막은 ITO 기판 위에 열진공증착방법을 사용하여 $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}$ 와 Ag를 포함한 박막을 약 1.600 μ m의 두께를 갖도록 하였다. 이때 증착 속도는 비정질상의 재현성을 위하여 약 2Å/s로 유지하였고 두께 및 광학상수는 N&K Analyzer(NKT 1200)를 사용하여 측정하였다. 그림 1은 제작된 박막시료의 단면을 나타내고 있다.

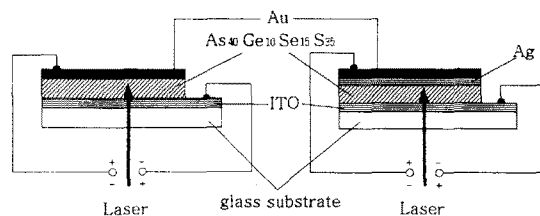


그림 1. 박막시료의 단면 구조

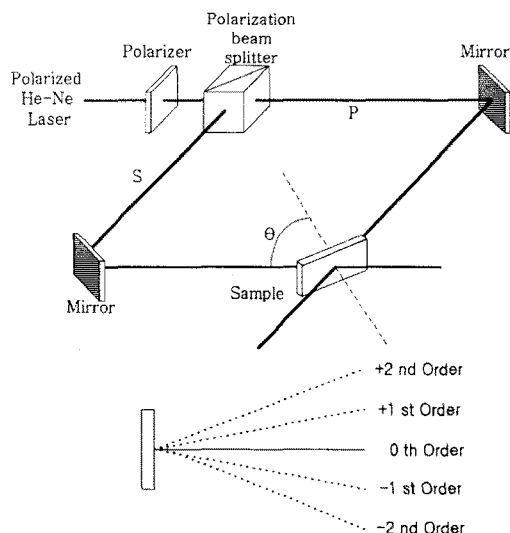


그림 2. 홀로그래픽 격자 형성 장치도

편광 홀로그래픽 격자 형성을 위해 선형 편광된 He-Ne Laser ($\lambda = 6328\text{\AA}$)를 사용하였으며 그림 2는 편광 홀로그래픽 격자 형성과 회절 효율 측정을 위한 장치도이며, 각각의 박막에 대해 인가 전압의 변화를 통하여 실시간 +1st order의 회절효율을 측정하였다^(7),8),9)

3. 결과 및 고찰

편광 홀로그래피 회절 격자는 위상 편광 홀로그래피로 두 입사빔이 각각 p파와 s파로 세기를 약 1.45mW로 형성할 수 있다. 그림 3과 그림 4는 $\text{As}_{40}\text{Ge}_{10}\text{Se}_{15}\text{S}_{35}$ 박막과 $\text{As}_{40}\text{Ge}_{10}\text{Se}_{15}\text{S}_{35}\text{-Ag}$ 박막의 실시간 +1st order의 회절효율 결과를 나타내고 있다.

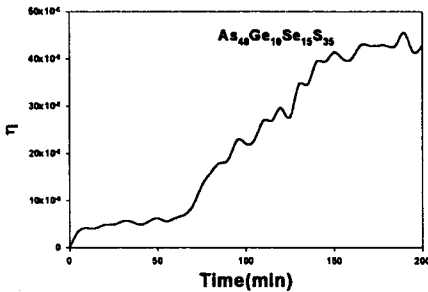


그림 3. $\text{As}_{40}\text{Ge}_{10}\text{Se}_{15}\text{S}_{35}$ 박막의 회절효율

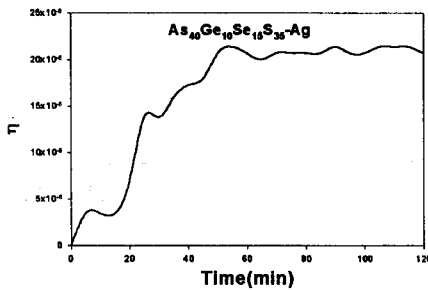


그림 4. $\text{Ag}/\text{As}_{40}\text{Ge}_{10}\text{Se}_{15}\text{S}_{35}$ 박막의 회절효율

각각의 회절효율은 4.55×10^{-5} , 2.14×10^{-5} 으로 Ag 층이 있는 박막은 다중층의 광학적 상수의 변화로 그 회절효율이 다소 작은 값을 나타냄을 알 수 있다.

그림 5와 그림 6은 각각 전압을 인가했을 경우의 회절효율을 나타내고 있다. 그림 5에서 $\text{As}_{40}\text{Ge}_{10}\text{Se}_{15}\text{S}_{35}$ 박막에 3V의 전압이 인가되었을 때 그 회절효율이 가장 높았으며 이는 $\text{As}_{40}\text{Ge}_{10}\text{Se}_{15}\text{S}_{35}$ 박막에서 격자형성에 원인이 되는 결합이 발생하는 활성화 에너지에 해당하는 것으로 그 결과를 주목할 수 있다. 또 그림 6에서는 $\text{As}_{40}\text{Ge}_{10}\text{Se}_{15}\text{S}_{35}\text{-Ag}$ 박막에 1V의 전압이 인가되었을 때 최대 회절효율을 나타냄을 관찰할 수 있다. 이는 칼코게나이드 박막에 Ag^0 가 광도핑 및 전장 효과로 식 (2)와 같은 새로운 결합쌍으로 발생되고 이러한 결합쌍이 광학적 이방성을 증가시키는 원인으로 작용하여 회절효율이 증가되는 것으로 사료된다.

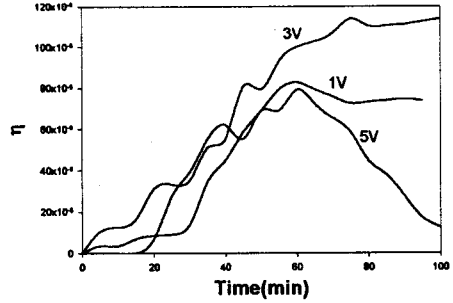
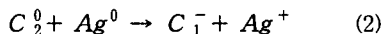
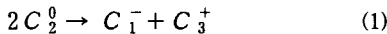


그림 5. $\text{As}_{40}\text{Ge}_{10}\text{Se}_{15}\text{S}_{35}$ 박막의 전압인가에 의한 회절효율의 변화

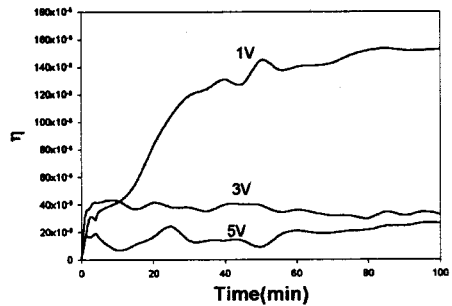


그림 6. $\text{Ag}/\text{As}_{40}\text{Ge}_{10}\text{Se}_{15}\text{S}_{35}$ 박막의 전압인가에 의한 회절효율의 변화

Ag에 의해 생성된 새로운 결합쌍들에 의해 증가된 회절효율은 그림 7과 표 1에서 그 결과를 확인할 수 있다. 그림 7은 시간에 대한 $\text{As}_{40}\text{Ge}_{10}\text{Se}_{15}\text{S}_{35}$ 박막과 $\text{Ag}/\text{As}_{40}\text{Ge}_{10}\text{Se}_{15}\text{S}_{35}$ 박막의 회절효율 변화를 나타내고 있다. 그림 7에서 $\text{As}_{40}\text{Ge}_{10}\text{Se}_{15}\text{S}_{35}$ 박막은 격자형성 시간이 약 60분 정도에서 최대회절효율을 나타내는 반면 $\text{Ag}/\text{As}_{40}\text{Ge}_{10}\text{Se}_{15}\text{S}_{35}$ 박막은 약 15분에 최대회절효율을 보이고 있다. 이는 전장 효과와 부가적 광도핑 현상에 의해 생성된 Ag^+ 결합쌍이 격자형성시간을 단축시키는 효과를 보이고 있음을 확인할 수 있었다. 또한 최대회절효율 값도 약 30%정도 더 큰 값을 보이고 있음을 확인하였다.

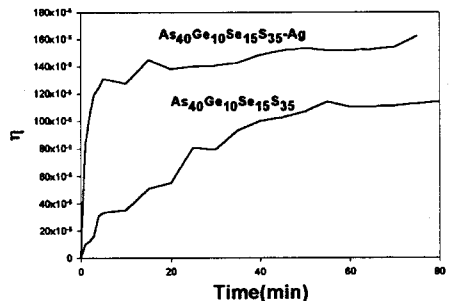


그림 7. 시간에 대한 $\text{As}_{40}\text{Ge}_{10}\text{Se}_{15}\text{S}_{35}$ 박막과 $\text{Ag}/\text{As}_{40}\text{Ge}_{10}\text{Se}_{15}\text{S}_{35}\text{-Ag}$ 박막의 회절효율 변화

표 1 전압인가에 따른 최대 회절효율

| | 전 압 | 최대 회절 효율 |
|--|-----|-----------------------|
| As ₄₀ Ge ₁₀ Se ₁₅ S ₃₅ | 0V | 4.55×10^{-5} |
| | 1V | 8.97×10^{-5} |
| | 3V | 1.14×10^{-4} |
| | 5V | 7.93×10^{-5} |
| As ₄₀ Ge ₁₀ Se ₁₅ S ₃₅ -Ag | 0V | 2.14×10^{-5} |
| | 1V | 1.62×10^{-4} |
| | 3V | 4.14×10^{-5} |
| | 5V | 2.62×10^{-5} |

표 1에서는 전압에 따른 Ag의 전장 효과에 의해 전압 1V 인가시 가장 높은 회절효율 값인 1.62×10^{-4} 를 보였으며 이러한 결과는 Ag에 의한 새로운 결합쌍이 형성되고 이들 결합쌍에 의해 광학적 이방성이 증가되어 회절효율이 증가됨을 나타낸다.

4. 결 론

편광 홀로그래피 격자형성과 전압인가에 의한 실시간 회절효율의 결과는 As₄₀Ge₁₀Se₁₅S₃₅ 박막의 경우 약 3V를 인가할 때 이들의 격자 형성의 활성화 에너지를 충분히 유지할 수 있었다. 또 As₄₀Ge₁₀Se₁₅S₃₅-Ag 박막의 경우는 이보다 낮은 전압인 1V만으로도 충분한 결합쌍을 형성할 수 있었으며 Ag⁺ 이온이 새로운 결합쌍을 형성시키는 효과를 얻을 수 있었다. 이러한 전장 효과에 의한 회절효율의 변화는 최대 4배까지 증가시킬 수 있었다.

지금까지 편광 홀로그래피의 단점으로 지적되고 있는 1st Order의 낮은 회절효율은 전장 효과뿐만 아니라 다른 많은 연구를 통해 그 증가방안을 개선할 수 있을 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] V. Lyubin, and M. Klebanov, "Photoinduced generation and reorientation of linear dichroism in AsSe glassy films", Physical Review B, 53, 18, pp. 11924-11926, 1996
- [2] V. K. Tikhomirov, and S. R. Elliott, "Vectorial and scalar photoinduced effects in chalcogenide glasses", J. Non-Cryst. Solids, 198-200, pp. 669-674, 1996
- [3] H. Fritzsche, "optical anisotropies in chalcogenide glasses induced by band-gap light", Physical Review B, 52, 22, pp. 15854-15859, 1996
- [4] H. Y. Lee, S. H. Park, J. Y. Chun, and H. B. Chung, "A study on the photoinduced dichroism in amorphous chalcogenides as the function of deposition angle and annealing conditions", Proceeding of the Autumn Symposium of KIEEME, pp. 34-38, 1997
- [5] H. B. Chung et al., PRICM-3, Vol. 2, pp.

- [6] H. B. Chung et al., ICEE'98, Vol. 2, pp. 927-930, July 21-25, 1998
- [7] Frank L. Pedrotti, S. J. Leno S. Pedrotti., Introduction to Optics. 2nd. pp. 274. pp. 411-423.
- [8] P. Hariharan. Optical Holography. pp. 162-164. 1984
- [9] M. Mitkova, I. Iliev, V. Boev, T. Petkova, "Influence of an electrical field on optical recording in chalco-halide glasses", Journal of Non-crystalline solids 227-230(1998) 748-751.